

Helsinki 4.2.2005

PCT / F I 20 05 / 0 0 0 0 9 0



ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 10 MAR 2005

WIPO

PCT

Hakija
Applicant

Elekta Neuromag Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20040233

Tekemispäivä
Filing date

13.02.2004

Kansainvälinen luokka
International class

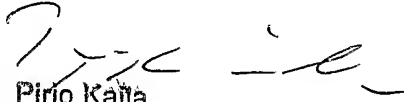
G01R

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä mittalaitteen suojaamiseksi häiriöiltä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FI-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

MENETELMÄ MITTALAITTEEN SUOJAAMISEKSI HÄIRIÖILTÄ

KEKSINNÖN ALA

Keksintö liittyy mittalaitteen suojaamiseen ulkoisilta magneettisilta häiriöiltä.

5

KEKSINNÖN TAUSTA

Heikkoja biomagneettisia signaaleja mittaava laite on hyvin herkkä käyttöympäristönsä voimakkaiden magneettisten häiriöiden vaikutukselle. Tämä johtuu
10 siitä, että häiriösignaalit ovat mitattaviin biomagneettisiin signaaleihin verrattuna jopa kymmenen miljoonaa kertaa suurempia. Lisäksi häiriösuojauksen toteuttamista vaikeuttaa se, että magneettisilta häiriöiltä suojattava alue on suhteellisen suuri, hal-
15 kaisijaltaan kymmeniä senttimetrejä.

Biomagneettisia mittauksia varten on kehitetty useita menetelmiä suojata mittalaitteet häiriökentiltä, jotka ovat kiinnostavia signaaleja monta kertaluokkaa suurempia. Suoraviivainen suojaustapa on si-
20 joittaa herkkä magneettinen mittalaite ns. magneettisesti suojaavan huoneen sisälle, joka vaimentaa huoneen ulkopuolisista lähteistä peräisin olevat magneetikentät noin 100 - 10000:n osaan.

Tämän lisäksi magneettiseen suojauksen ai-
25 kaansaamiseksi on tunnettua käyttää antureita, joiden geometrinen rakenne tekee ne epäherkiksi kaukana olevista lähteistä peräisin oleville, melko tasaisille magneetikentille. Tällaisia magneettisia antureita sanotaan gradiometreiksi. Niillä saavutetaan tyypillisesti suojaustekijä n. 100 - 1000 ulkoisia häiriöitä
30 vastaan.

Edelleen voidaan magneettisuojaus toteuttaa tai sitä parantaa käyttäen aktiivisia järjestelmiä, joissa magneettinen häiriö kumotaan sopivan säätöjär-
35 jestelmän avulla, jossa häiriö mitataan suojattavan alueen läheisyydestä anturilla tai antureilla ja häi-

riökenttä kompensoidaan tähän mittaukseen perustuen häiriöön nähden vastakkaisen magneettikentän synnyttävillä virrallisilla keloilla. Aktiivista magneettista suojausta voidaan käyttää joko yksinään tai yhdistet-

5 tynä passiivisiin suojausmenetelmiin kuten magneettisuojahuoneeseen.

Tässä säätöjärjestelmässä voidaan käyttää joko suoraa kytkentää tai takaisinkytkentää. Suoraa kytkentää käytettäessä säätöjärjestelmään liittyvä mitta-

10 laite on etäällä toimilaitteesta ja kompensoitavasta alueesta kelan tai kelojen sisäpuolella. Tässä tapauksessa säätöjärjestelmä toimii yksinkertaisesti siten, että keloihin syötetään mittalaitteen mittaamaan häiriöön verrannollinen virta sen suuntaisena, että suojattavalle alueelle syntyy mahdollisimman tarkkaan häiriön suuruinen vastakenttä. Tällaiseen järjestelmään voidaan yhdistää myös magneettinen suojahuone.

15

Suoraan kytkentään perustuvan kompensaaation suorituskyky on yleensä melko rajallinen, koska kompensoitava kentänvoimakkuus määritetään etäällä suojattavasta alueesta. Tämä toimii vielä hyvin yhden tai kahden stationäärisen häiriölähteen tapauksessa, mutta kun lähteitä on kolme tai enemmän, on yleensä mahdollonta löytää anturille paikkaa, josta kaikkien lähteiden aiheuttama kenttä voitaisiin oikein ekstrapoloida suojattavalle alueelle. Tällaisella suojausmenetelmällä saavutetaan yleensä suojaustekijä 3:n ja 10:n väliltä riippuen häiriölähteiden lukumäärästä. Menetelmä toimii vain häiriölähteille, jotka sijaitsevat suojattavasta alueesta selvästi kauempana kuin säätöjärjestelmää ohjaava anturi. Vain hieman säätöjärjestelmää ohjaavaa anturia kauempana oleville häiriölähteille menetelmä toimii huonommin ja erityisesti lähteille, jotka ovat lähempänä kuin anturi, se ei toimi lain-

20

25

30

35

Säätöjärjestelmän anturi voidaan myös viedä kompensatiokela-asennelman sisään lähelle sitä aluet-

ta, jossa häiriö halutaan kompensoida. Tällöin on kyseessä takaisinkytketty säätöjärjestelmä, joka toimii paremmin kuin suoraan kytketty myös monimutkaisemmille, useasta eri lähteestä peräisin oleville häiriöille. 5 Julkaisussa EP0514027 on esimerkki takaisinkytketystä säätöjärjestelmästä, jolla magneettisen häiriön vaikutusta saadaan vähennettyä. Myös takaisinkytkettyyn säätöjärjestelmään voidaan yhdistää magneettisuojuhuone joko siten, että kompensatiokelat sijaitsevat magneettisuojan ulkopuolella (US3801877) tai sisäpuolella (EP0396381 tai vastaava US4963789). 10

Biomagneettisissa sovelluksissa tilavuus, jonka alueelle anturit ovat jakautuneet, on tyypillisesti useita kymmeniä senttejä halkaisijaltaan eli 15 melko suuri. Jos vielä halutaan pitää kompensatioon käytetty referenssianturisto etäällä kiinnostavien biologisten signaalien lähteestä - kuten tunnetussa tekniikassa on pyritty tekemään - on antureita sisältävä tilavuus halkaisijaltaan jopa 50 cm. Magneettisen häiriön kompensointi esimerkiksi prosentien tarkkuudella 20 (pienentäminen sadasosaansa) takaisinkytkemällä edellyttää, että kompensointikelasto pystyy tuottamaan häiriökenttien geometriaa vastaavat kentät prosentien tarkkuudella koko tässä tilavuudessa, joka sisältää 25 sekä mittausanturit että säätöjärjestelmän erosignaaleja tuottavat referenssianturit. Vain tässä tilanteessa saa säätöjärjestelmä oikean tiedon kompensoitavasta häiriöstä ja häiriö kompensoituu suurella tarkkuudella kaikista mittauskanavista.

30 Kompensatio vastakentän synnyttävillä keiloilla saadaan sitä tarkemmaksi mitä pienempi kompensoitava tilavuus on. Siksi olisi toivottavaa viedä takaisinkytketyn kompensatiojärjestelmän anturi mahdollisimman lähelle mittalaitteen varsinaisia antureita. 35 Aiemmin ajateltiin, että näin ei voi tehdä, koska silloin kompensoidaan myös itse mitattava signaali ikään kuin ulkoisena häiriönä.

Tunnetun tekniikan ongelmana on siis kompen-
saation epätarkkuus koko anturiston alueella, koska
häiriökenttä mitataan anturiasennelman ulkopuolelta.
Erillisen referenssianturiston käyttäminen tekee lait-
5 teistosta myös turhan monimutkaisen.

KEKSINNÖN TARKOITUS

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on esi-
tellä ratkaisu, jossa häiriöiden kompensaatioon tar-
vittava takaisinkytkentäinformaatio saadaan itse mit-
10 taukseen käytetyistä antureista eli niistä antureista,
joita häiriöltä pyritään suojaamaan. Näin päästään hy-
vin tehokkaaseen häiriönpoistoon, koska häiriö mita-
taan juuri siellä mistä se on poistettava ja kompen-
15 soitavan alueen koko on mahdollisimman pieni.

KEKSINNÖN YHTEENVETO

Esillä olevassa keksinnössä esitetään tunne-
tusta tekniikasta poikkeava tapa toteuttaa magneetti-
20 nen suojaus takaisinkytketyllä kompensaatiojärjestel-
mällä, jossa ei tarvita erillistä erosignaalin antavaa
referenssianturia tai -antureita. Tässä menetelmässä
varustetaan varsinainen mittausanturisto kahdella
erillisellä takaisinkytkentähaaralla. Sisempi ta-
25 kaisinkytkentähaara vastaa geometrialtaan pienipiir-
teisen, tutkittavasta kohteesta peräisin olevan sig-
naalin takaisinkytkemisestä ja ulompi takaisinkytken-
tähaara huolehtii amplitudiltaan ja geometrialtaan
suurempien häiriösignaalien takaisinkytkennästä. Näin
30 saadaan aikaan tilanne, jossa suuret ulkoiset häiriöt
näkyvät vain ulommassa takaisinkytkentähaarassa, ei-
vätkä syö varsinaisen kiinnostavan signaalin sisältä-
vän sisemmän takaisinkytkentähaaran dynamiikkaa.

Häiriösignaalin ja mitattavan kiinnostavan
35 signaalin summasignaalia siis mitataan varsinaisen
mittausanturiston antureilla, joiden avulla saadaan

erosignaali. Erosignaaleja voidaan muodostaa lineaarikombinaationa yhdestä tai useasta mittausanturin mitaamasta signaalista. Erosignaalin avulla saatava kompensatiojännite synnyttää virran toimilaitteessa.

5 Toimilaite on tyypillisesti kompensoivan magneettikentän synnyttävä kela. Näitä voi olla useitakin. Kompensatiojännitteitä voidaan muodostaa useita erilaisten lineaarikombinaatioiden avulla anturiasennelman kanavista ja nämä jännitteet voidaan syöttää sopivilla

10 painokertoimilla painottaen kompensoivan toimilaitteiston eri keloihin. Kompensoiva magneettikenttä kumoaa anturiasennelmassa havaittavat häiriöt niin, että haluttu, suuruudeltaan huomattavasti pienempi biomagneettinen signaali voidaan luotettavasti mitata.

15 Kompensoivat toimilaitteet eli tyypillisesti kelat voidaan sijoittaa lähelle anturiasennelmaa, mutta kuitenkin kauemmas mitattavasta biomagneettisesta signaalilähteestä kuin anturit. Kelat voidaan kiinnittää erilliseen kehikkoon tai muuhun kiinteään pintaan.

20 Ulommassa takaisinkytkentähaarassa käsiteltävän suuren häiriösignaalin sekoittuminen sisemmän haaran sisältämään biomagneettiseen informaatioon estetään matemaattisella menetelmällä (SSS = Signal Space Separation), joka on kuvattu julkaisussa FI20030392

25 (Taulu S., Kajola M., Simola J.: The Signal Space Separation method, Biomed. Tech., 48, in press).

Eräässä esillä olevan keksinnön sovelluksessa anturiasennelma ja toimilaitteina toimivat kelat voidaan sijoittaa magneettisen suojahuoneen sisään. Näin

30 saadaan parannettua häiriönsuojausta.

Esillä oleva keksintö on tunnetun tekniikan ratkaisuja yksinkertaisempi, koska häiriön tasoa mitaavina antureina käytetään itse biomagneettisen signaalin mittausantureita. Häiriönpoisto saadaan myös

35 tehokkaammaksi, koska häiriöt mitataan juuri sieltä, mistä ne halutaan poistaa. Edelleen kompensoitavan

alueen tilavuus on esillä olevan keksinnön tapauksessa pieni.

KUVIOLUETTELO

5 Kuvio 1 esittää neuromagneettista signaalia mittaavan laitteiston, jonka osana on häiriön kompensoiva toimilaitteisto,

kuvio 2 esittää yhdelle mittausanturille takaisinkytkennän piirikaavion,

10 kuvio 3 esittää kahdella takaisinkytkentähaaralla varustetun säätöjärjestelmän toimintakaaviota, ja

kuvio 4 esittää yleistyksen kuvioden 2 ja 3 mukaisesta kompensatiomenetelmästä.

15

KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN KUVAUS

Keksinnön oleelliset periaatteet käyvät ilmi oheisista kuvioista. Itse laitteiston kokonaisrakenne käy ilmi kuvioista 1 ja 2. Kuviot 3 ja 4 ovat toimintakaavioita, jotka lähinnä kuvaavat signaalien kulkua ja käsittelyä esitetyssä laitteistossa. Kuvio 1 esittää ns. MEG-laitteiston, jolla mitataan neuromagneettista signaalia, ja jonka osana on häiriöt kompensoiva järjestelmä. Laite koostuu tutkittavan henkilön päästä ympäröivästä anturiasennelmasta 10 (sisältäen kuvion esimerkissä yhdeksän anturia), mittalaitteen toimintaa ohjaavasta elektroniikasta 11 ja häiriökompensatiojärjestelmän toimilaitteina käytetyistä keloista 12, 13.

30 Kuhunkin laitteen anturiin liittyy pienikokoinen oma takaisinkytkentäkela 14, jonka avulla kontrollielektroniikka 11 ajaa anturia 10 ns. vuolukitus-tilassa. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjauselektroniikka 11 ajaa takaisinkytkentäkelaan 14 virtaa, jonka aiheuttama kenttä kumoaa anturissa 10 siihen tulevan, 35 tutkittavassa kohteessa 15 olevasta lähteestä peräisin

olevan kentän. Tämän virran aikaansaamiseksi tarvittava jännite, joka on siis verrannollinen lähteestä 15 anturiin 10 tulevaan magneettiseen vaikutukseen, on kyseisen kanavan antama mittaussignaali. Kaikki perinteiset MEG-laitteet on toteutettu tällä periaatteella.

Takaisinkytkentäkelat 14 ovat anturikohtaisia. Kelat ovat niin pieniä ja siten asemoituja, että niiden aiheuttama kenttä aiheuttaa vaikutuksen vain kunkin kelan omaan anturiin. Voidaan ajatella, että anturi 10 ja takaisinkytkentäkela 14 yhdessä muodostavat fyysisen anturina toimivan komponentin. Tällaisessa järjestelyssä kaikki mittauskanavat tietenkin reagoivat sekä mitattavasta kohteesta 15 että ulkoisista häiriölähteistä peräisiin oleviin magneettikenttiin.

Ulkoisilta häiriöiltä suojaavan aktiivikompen-saation aikaansaamiseksi esillä olevan keksinnössä mittalaitteeseen lisätään suurikokoiset kompen-saatiokelat 12, 13, joihin syötetty virta aiheuttaa magneettikentän koko anturiasennelman alueelle. Kompensaatiokeloja voi olla useita - esimerkiksi kuusi kappaletta - siten, että keloilla saadaan aiheutetuksi anturiasennelman kohdalla vastakenttiä ainakin kolmeen liikimain kohtisuoraan suuntaan.

Järjestelmän toiminnan säätäminen elektronii-kan 11 avulla käy tarkemmin ilmi kuvioista 2, 3 ja 4. Kuvio 2 esittää yksinkertaistettuna tilannetta, jossa esimerkiksi kuvion 1 anturi 10 on takaisinkytketty kompen-saatiokelan 12 kautta. Katkoviivan sisällä oleva osa on normaali vuolukitus-tilassa toimiva MEG-kanava, johon liittyy vahvistin 20, takaisinkytkentä-vastus 21 ja takaisinkytkentäkela 14, joka kytkeytyy anturiin 10 keskinäisinduktanssin M_f välityksellä. Katkoviivalla erotettu osa voidaan siis ajatella varsinaisena mittauskanavana, joka sisältää aiemmin mainitussa laajemmassa mielessä anturin 10, 14 ja kontrollelektronii-kan 11 sisällä olevan elektroniikkaosan 20, 21. Jännite U_0 on kanavan signaali, joka on antu-

rin 10 näkemään magneettivuohon Φ_s verrannollinen. Magneettivuo käsittää siis summan mitattavasta kiinnostavasta magneettivuosta ja ulkoisten häiriöiden aiheuttamasta magneettivuosta anturin 10 sijaintipaikassa.

Kun tämä mittauskanava otetaan takaisinkytketyn aktiivikompensaatiojärjestelmän erosignaalin antavaksi kanavaksi, lisätään säätöelektroniikkaan vahvistin 24, takaisinkytkentävastus 25 ja kela 12. Magneetikenttä siirtyy kelalta 12 mittaavalle anturille 10 keskinäisinduktanssin M_c välityksellä.

Kuviossa 3 on tätä kahdella takaisinkytkentähaaralla varustettua säätöjärjestelmää kuvaava toimintakaavio, jolle kokonaisuudessaan voidaan laskea siirtofunktio. Sisemmässä takaisinkytkentähaarassa on vahvistuslohko 30, vastusta 21 vastaava siirtofunktio 31 ja keskinäisinduktanssia M_f vastaava siirtofunktio 32. Ulommassa häiriöt kompensoivassa takaisinkytkentähaarassa on vahvistuslohko 33, vastusta 25 vastaava siirtofunktio 34 ja keskinäisinduktanssia M_c vastaava siirtofunktio 35. Vahvistimen 30 (sama kuin kuvion 2 vahvistin 20) sisäänmenossa summautuu magneettivuo ulkoisesta häiriölähteestä Φ_s ja häiriötä kompensoiva magneettivuo Φ_c sekä kelan 14 välityksellä kytkeytyvä magneettivuo sisemmästä takaisinkytkennästä. Tämä yhteenlasku tehdään toimintakaaviossa summainlohkoilla 36, 37, joita ei käytännössä ole olemassa todellisina järjestelmän komponentteina.

Kanavan ulostulojännitteeksi U_0 ja ulomman takaisinkytkentähaaran jännitteeksi U_c tulee:

$$U_0 = \frac{G_1 \Phi_s}{1 + \frac{G_1 M_f}{R_f} + \frac{G_1 G_2 M_c}{R_c}} \quad (1)$$

$$U_c = G_2 U_0 \quad (2)$$

Jos ulompi takaisinkytkentähaara jätetään pois ($G_2=0$), jää jäljelle perinteinen takaisinkytketty magnetometri - kuvioissa 2 ja 3 katkoviivan sisään rajattu osa - jonka kalibraation määrää sisemmän takaisinkytkentähaaran siirtofunktio:

$$U_0 = \frac{R_f}{M_f} \Phi_s, \text{ kun } G_1 \frac{M_f}{R_f} \gg 1 \quad (3)$$

Kun ulompi kytkentähaara otetaan käyttöön riittävällä vahvistuksella varustettuna eli kun $G_2 * (M_c/R_c) \gg M_f/R_f$, saadaan:

$$U_0 = 0 \text{ ja } U_c = \frac{R_c}{M_c} \Phi_s \quad (4)$$

Ulomman takaisinkytkentähaaran käyttöönoton seurauksena kanavan ulostulosignaali siis häviää ja kompensatiokelaan 12 ilmestyy kompensoivan magneettikentän aiheuttava virta. Kun signaalin aiheuttajana on ulkoinen häiriölähde ja mikäli kompensatiokela (tai kompensatiokelat) 12 on onnistuttu rakentamaan siten, että se tuottaa koko anturiston alueella mahdollisimman samanmuotoisen kentän kuin tämä ulkoinen häiriölähde, tapahtuu sama ulostulosignaalin kompensoituminen myös kaikkien muiden asennelman anturien kohdalla, vaikka niiden takaisinkytkennästä ulompi haara on jätetty pois ($G_2=0$). Tämä on juuri se suojausvaikutus, johon ulomman takaisinkytkentähaaran lisäämisellä pyritään.

Koska ulomman takaisinkytkentäsilmmukan ohjaukseen käytetään samoja magnetometrikanavia, joilla mitataan myös tarkasteltavaa biomagneettista signaalia, on ilmeistä, että ulompi takaisinkytkentä vaikuttaa myös tähän biomagneettiseen signaaliin. Esimerkiksi kanavasta, jonka takaisinkytkentään ulompi haara on

lisätty ($G_2 > 0$), häviää tämän järjestelyn seurauksena myös biomagneettinen signaali.

Esillä olevan keksinnön keskeinen oivallus liittyy siihen, miten tämä ei-toivottu vaikutus voidaan estää yksinkertaisella tavalla. Ajatellaan ensin järjestelmää, jossa yhtään ulompaa takaisinkytkentäsilmukkaa ei ole aktivoitu. Tällaisen järjestelmän mittauskanavat rekisteröivät sekä ulkoisista lähteistä tulevat suuret häiriösignaalit että heikot biomagneettiset signaalit. Julkaisussa FI20030392 on esitetty menetelmä (SSS-menetelmä; Taulu S., Kajola M., Simola J.: The Signal Space Separation method, Biomed. Tech., 48, in press), jolla tällaisessa tilanteessa voidaan suurella tarkkuudella erottaa laitteen mittausalueen ulkopuolelta ja sisäpuolelta tulevat signaalit toisistaan, kun laitteen kanavien asettelu on sopiva ja lukumäärä riittävä (vähintään 200).

Tämä numeerinen menetelmä olisi sinänsä riittävä ulkoisten häiriöiden poistoon mitatusta signaalista, mikäli häiriöt pysyisivät niin pieninä, ettei anturiston yhdenkään mittauskanavan dynaaminen alue ylity. Juuri tämä ylittyminen voidaan esillä olevassa keksinnössä kuvatulla kompensatiomenetelmällä estää. Koska kompensatiomenetelmä toteutetaan laitteen mittausalueen ulkopuolelle sijoitettuja keloja käyttäen, on tähän ulompaan takaisinkytkentäsilmukkaan liittyvän kompensatiovirran vaikutus signaaleihin niin ikään erotettavissa SSS-menetelmällä mittausalueelta tulevasta signaalista.

Esimerkkinä voidaan mainita tilanne, jossa ulompaan kompensatiosilmukkaan perustuva suojausmenetelmä tuntuisi toimivan kaikista epätarkoituksenmukaisimmalla tavalla. Oletetaan, että ulkoisia häiriöitä ei ole, ja että erosignaalikanavana toimiava anturi näkee ainoastaan biomagneettisen signaalin. Tähän se reagoi syöttämällä kompensatiokelaan virran, joka aiheuttaa biomagneettisen kentän kompensoivan vastaken-

tän siinä pisteessä, jossa anturi sijaitsee. Näennäisesti ulomman silmukan takaisinkytkentä siis toimii siten, että vaikka minkäänlaista ulkoista häiriötä ei ole, häviää juuri se signaali, josta ollaan kiinnostuneita.

Biomagneettinen signaali ajetaan siis nolnaan aktivoimalla kompensoiva, mittausalueen ulkopuolinen magneettikentän lähde. Juuri tällaisen ulkopuolisen lähteen vaikutus saadaan SSS-menetelmällä numeerisesti erotetuksi, jolloin erosignaalikanavaan jää jäljelle vain alkuperäinen biomagneettinen signaali. SSS-menetelmä rekonstruoi erosignaalikanavaan - samoin kuin kaikkiin muihinkin kanaviin - signaalit, jotka niissä olisi havaittu, mikäli ulompaa takaisinkytkentäsilmukkaa ei olisi aktivoitu. Tämä rekonstruktio perustuu siihen mittaukseen, jonka magnetometriasennelma kokonaisuutena tekee samanaikaisesti sekä biomagneettisesta lähteestä että kompensatiokelasta.

SSS-menetelmä toimii luonnollisesti samalla tavalla häiriökompensoinnin yhteydessä eli silloin, kun erosignaalikanava saa osan signaalistaan mittausalueen tai vaikkapa koko kompensatiokelaston ulkopuolella olevasta häiriölähteestä. Näissä tapauksissa sekä alkuperäinen lähde että takaisinkytkentäsilmukan osana aktivoituva kompensatiokela sijaitsevat mittausalueen ulkopuolella ja niiden osuus signaaleista voidaan poistaa SSS-menetelmällä. Tässä tapauksessa kompensatiojärjestelmän tehtävä on ainoastaan muokata ulkoista häiriötä siten, että kaikki anturit pysyvät dynaamisella alueellaan, jolloin numeerisen menetelmän syötteeksi tarvitsemat signaalit saadaan kerättyä.

Koska kompensoitavana häiriönä on vektorkenttä, joka ei ole vakio koko anturiasennelman alueella, on riittävän hyvän kompensatian saavuttamiseksi yleensä tarpeen käyttää kompensatiokelastoa, jolla voidaan aikaansaada suunnaltaan ja muodoltaan monenlaisia kenttiä. Erityisesti kelastolla pitää voida

mahdollisimman tarkkaan tuottaa voimakkaimpien ulkoisten häiriölähteiden kenttämuodot, tai täsmällisemmin ilmaistuna niiden vastakentät, koko anturiasennelman alueella. Kuviossa 4 on esitetty tällainen useamman 5 kompensatiokelan muodostama kuvion 3 kompensatiomenetelmän yleistys toimintakaavion muodossa.

Kuviossa 4 kompensointivirran aiheuttava jännite U_c on kytketty kahdella erikseen valittavalla kytkentävoimakkuudella ($1/R_{c,j}$ ja $1/R_{c,j+1}$) 40, 41 kahteen eri kelaan 42, 43, vastaavasti. Induktiiviset kytkennät M_{ji} jne. 44 määräytyvät kompensatiokelojen 42, 43 sijainnista ja anturien 45 paikasta ja asennosta anturiasennelmassa. U_c voidaan kytkeä useampaankin kuin kahteen kelaan. Lisäksi kompensatiojännitteen 15 synnyttävä erosignaali on kuviossa 4 muodostettu lineaarikombinaationa kahden eri anturin 45 signaaleista. Lineaarikombinaation muodostamisessa käytetään antureille 45 painokertoimia c_{ij} 46 ja summataan termit summaimella 47. Lineaarikombinaation muodostamiseen 20 voidaan käyttää useampaakin kuin kahta kanavaa. Tarvittava takaisinkytkentäsilmaan vahvistimen siirtofunktio on G_2 48. Lisäksi voidaan muodostaa useita kompensatiojännitteitä $U_{c,n}$ käyttäen erosignaalin muodostamiseen eri lineaarikombinaatioita anturiasennelman 45 signaaleista ja syöttää jännitteet optimaalisilla painokertoimilla kompensatiokelaston eri keloihin 42, 43. Anturien 45 näkemä kompensoivien magneettivoiden summavuo saadaan kuvion 4 toimintakaaviossa summaimien 49 ulostuloista. Käytännössä summaimia 49 25 ei järjestelmässä ole todellisina komponentteina. Summaimilla 49 kuvataan kompensointikelojen aiheuttamien kenttien yhteisvaikutusta (kokonaiskenttä on osakenttien summa) kunkin anturin kohdalla.

Näin muodostuu monikanavalaitteen häiriökompensoation suorittava ulompi takaisinkytkentäsilma, jota kuvaa kaksi matriisia: suoran kytkentähaaran rakenteen kuvaava c_{ij} -matriisi, joka määrittää i :n 35

anturin 45 painokertoimen j :nnessä erosignaalisissa, ja takaisinkytkentähaaran kuvaava $1/R_{jk}$ -matriisi, joka määrittää j :nnen kompensatiovirran painokertoimen k :nteen kelaan 42, 43 syötettävässä kokonaisvirrassa.

- 5 Näiden kahden matriisin valinnalla voidaan häiriökompensaation suorituskyky optimoida. Erosignaalin kokoaminen lineaarikombinaationa usealta, esimerkiksi eripuolilla anturiasennelmaa olevalta kanavalta on edullista sikäli, että se parantaa erosignaalin
- 10 tarkkuutta ja lyhentää tehollista ekstrapolaatioetäisyyttä anturiasennelman yli. Tavanomaisessa erillisiä referenssiantureita käyttävässä järjestelmässä saattaa erosignaalin antava anturi sijaita jopa 50 cm päässä kaukaisimmasta kompensoitavasta anturiasennelman antu-
- 15 rista, jolloin erosignaalista arvioitu häiriön voimakkuus on jo geometrisista syistä epätarkka. Muodostamalla erosignaali asennelman eri puolilla sijaitsevien anturien signaaleista saadaan ekstrapolaatiomatka lyhennetyksi asennelman säteen, noin 12 cm, suuruiseksi.
- 20 Kompensaatiiosilmukalla takaisinkytketty kenttämudot puolestaan voidaan räätälöidä mahdollisimman tarkasti suurimpien ulkoisten häiriöiden geometrasta muotoa noudattaviksi käyttämällä riittävän suurta määrää kompensatiokeloja ja määrittämällä oikeat paino-
- 25 kertoimet $1/R_{jk}$ -matriisiin. Tyypillinen lukumäärä kompensatiojännitteitä $U_{c,j}$ ja kompensatiokeloja on esimerkiksi kuusi, jolloin $1/R_{jk}$ -matriisi on 6×6 -matriisi.

- Kuvioissa 1 - 4 on käytetty symboleja, jotka
- 30 viittaavat ulkoisia häiriöitä kompensoivan takaisinkytkennän toteuttamiseen analogiaelektroniikalla. Näin on tehty vain havainnollisuuden vuoksi. Modernissa toteutuksessa käytetään signaaliprosessoreita tai reaaliaikatietokoneita, joihin painokerroinmatriisit C_{ij}
- 35 ja $1/R_{jk}$ sekä siirtofunktiot G_2 ohjelmoidaan.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitetyistä sovellusesimerkkeistä koskevaksi, vaan monet muun-

nokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä magneettisista antureista koostuvan anturiasennelman suojaamiseksi anturiston ulkopuolelta tulevia häiriöitä vastaan, tunnettu siitä, että menetelmä käsittää vaiheet:

varustetaan anturisto magneettisen takaisinkytkennän sisältävällä järjestelmällä, jonka erosignaali saadaan ainakin yhdestä mainitun asennelman anturista; ja

synnytetään anturiston alueelle magneettikenttä anturiasennelman ulkopuolella sijaitsevan ainakin yhden magneettikentän synnyttävän toimilaitteen avulla, joka magneettikenttä kumoaa mainittuja ulkoisia häiriöitä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheet:

muodostetaan yksi tai useampia erosignaaleja lineaarikombinaationa asennelman kahden tai useamman anturin signaaleista; ja

takaisinkytketään erosignaalit anturiasennelmaan käyttäen järjestelmään kuuluvien toimilaitteiden lineaarikombinaatiota.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheen:

valitaan lineaarikombinaationa saatavat erosignaalit ja käytettävät toimilaitteet siten, että takaisinkytkennän ollessa päällä ulkoinen häiriösignaali minimoituu.

4. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 1-3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheen:

erotetaan toimilaitteiden aiheuttama signaali mitattavasta, kohteesta tulevasta signaalista matemaattisen menetelmän avulla.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu matemaattinen menetelmä on SSS-menetelmä.

6. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 1-5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää vaiheen:

sijoitetaan anturisto ja toimilaitteet magneettisen suojahuoneen sisään.

7. Järjestelmä mittalaitteen suojaamiseksi mittalaitteen ulkopuolelta tulevia häiriöitä vastaan, joka järjestelmä käsittää:

anturiasennelman (10), joka sisältää ainakin kaksi magneettista anturia;

ohjauselektroniikan (11), joka ohjaa mittalaitetta;

tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

magneettisen takaisinkytkennän kytkettynä anturiasennelmaan, jonka takaisinkytkennän erosignaali saadaan ainakin yhdestä mainitun asennelman anturista (10); ja

ainakin yhden anturiasennelman ulkopuolella sijaitsevan toimilaitteen (12, 13) magneettikentän synnyttämiseksi anturiston (10) alueelle, joka magneettikenttä kumoaa mainittuja ulkoisia häiriöitä.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainittu magneettikentän synnyttävä toimilaite (12, 13) on anturiasennelman sisältävään laitteeseen kiinnitetty kela.

9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainittu magneettikentän synnyttävä toimilaite (12, 13) on anturiasennelman ympärille erilliseen kehikkoon tai seinille tai lattiaan tai kattoon kiinnitetty kela.

10. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 7-9 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

erosignaalien muodostamisvälineet (46, 47) yhden tai useamman erosignaalin muodostamiseksi lineaarikombinaationa asennelman kahden tai useamman anturin (45) signaaleista; ja

- 5 mainitun magneettisen takaisinkytkennän (48, 40) erosignaalien takaisinkytkemiseksi anturiasennelmaan (45) käyttäen järjestelmään kuuluvien toimilaitteiden (42, 43) lineaarikombinaatiota.

10 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

mainitut erosignaalit ja toimilaitteet (42, 43) valittuina siten, että takaisinkytkennän ollessa päällä ulkoinen häiriösignaali minimoituu.

- 15 12. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 7-11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

20 mainitun ohjauselektroniikan (11) toimilaitteiden aiheuttaman signaalin erottamiseksi mitattavasta, kohteesta tulevasta signaalista matemaattisen menetelmän avulla.

13. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 7-12 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

- 25 vahvistimen (24), vastuksen (25) ja toimilaitteen (26) takaisinkytkentäsilmissä.

14. Jonkin aikaisemman patenttivaatimuksen 7-13 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä edelleen käsittää:

- 30 magneettisen suojahuoneen anturiston (10) ja toimilaitteiden (12, 13) sijoituspaikkana.

(57) TIIVISTELMÄ

Esillä olevassa keksinnössä kuvataan menetelmä, jolla heikkoja biomagneettisia signaaleja mittaava laite voidaan suojata ympäristön voimakkailta magneettisilta häiriökentiltä. Mittausanturit varustetaan takaisinkytketyllä kompensointisilmukalla, jonka erosignaali saadaan itse mittausantureilta. Takaisinkytkennän toimilaitteena toimii yksi tai useampi kela, joiden tehtävänä on kumota anturien alueella ulkoiset häiriökentät. Erosignaaleja voidaan muodostaa lineaarikombinaationa kahden tai useamman anturin signaaleista. Ohjauslogiikassa voidaan SSS-menetelmällä numeerisesti erottaa mitattava biomagneettinen signaali mittausalueen ulkopuolella sijaitsevien lähteiden - kompensointikelojen ja häiriölähteiden - aiheuttamista signaaleista. Häiriösuojausta voidaan tehostaa sijoittamalla anturiasennelma ja toimilaitteet magneettisen suojahuoneen sisään.

(Fig. 4)

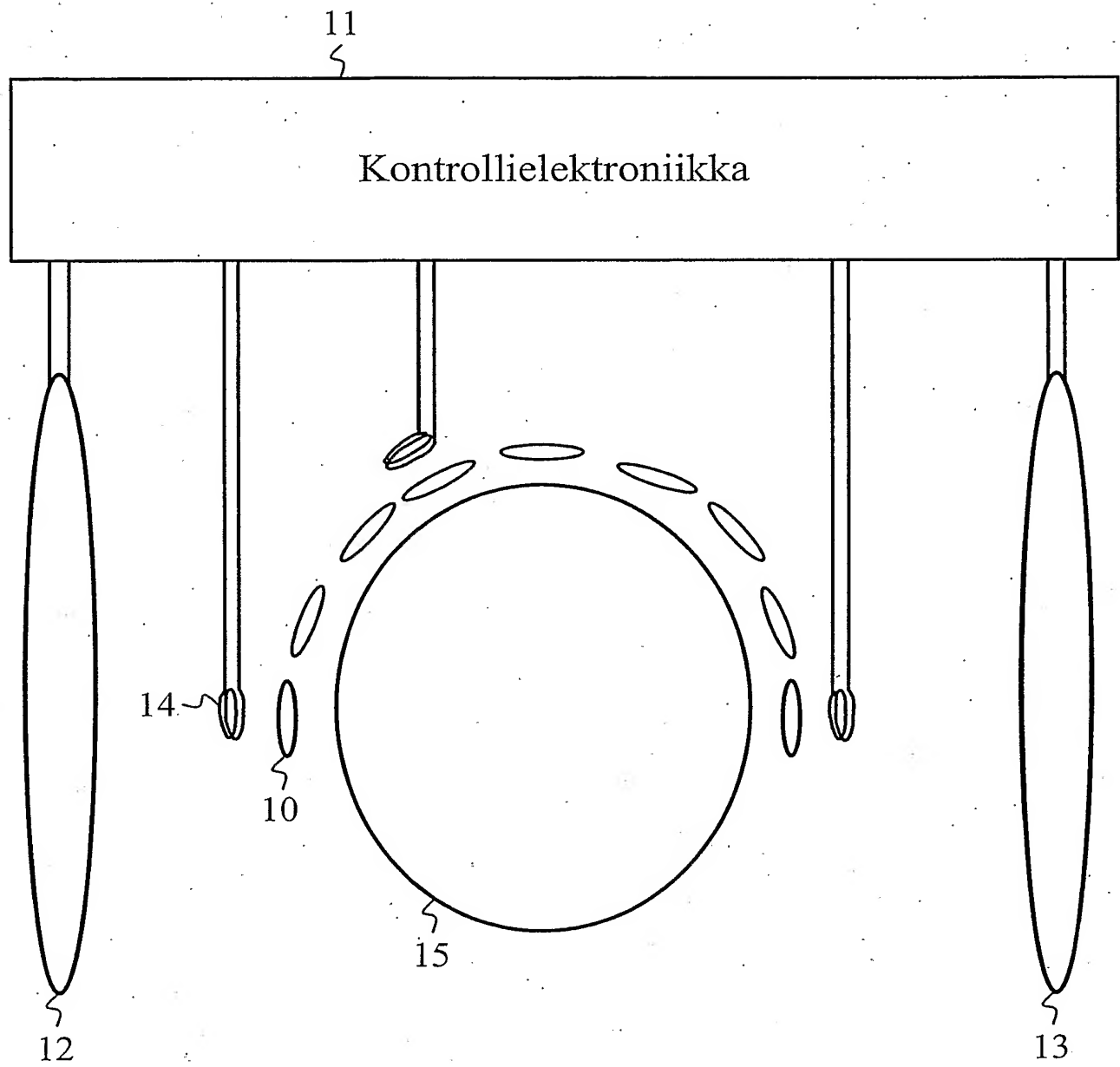


Fig. 1

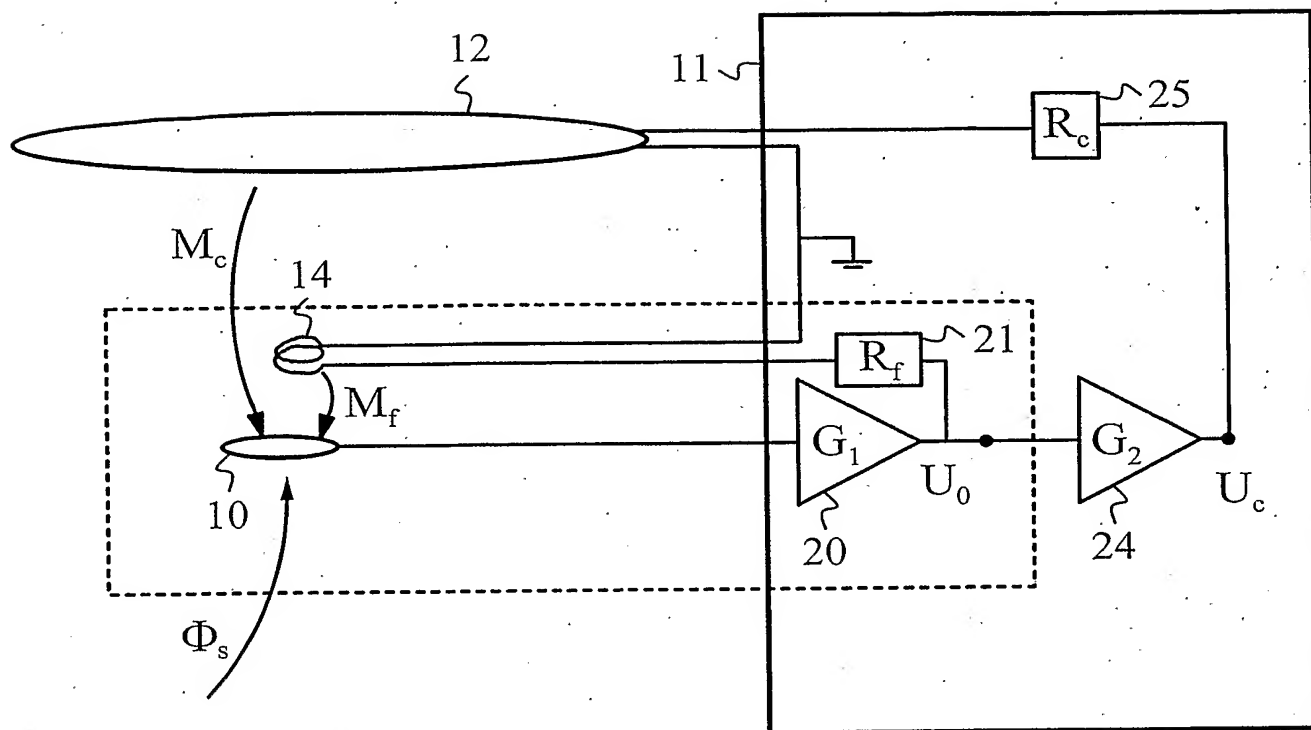


Fig. 2

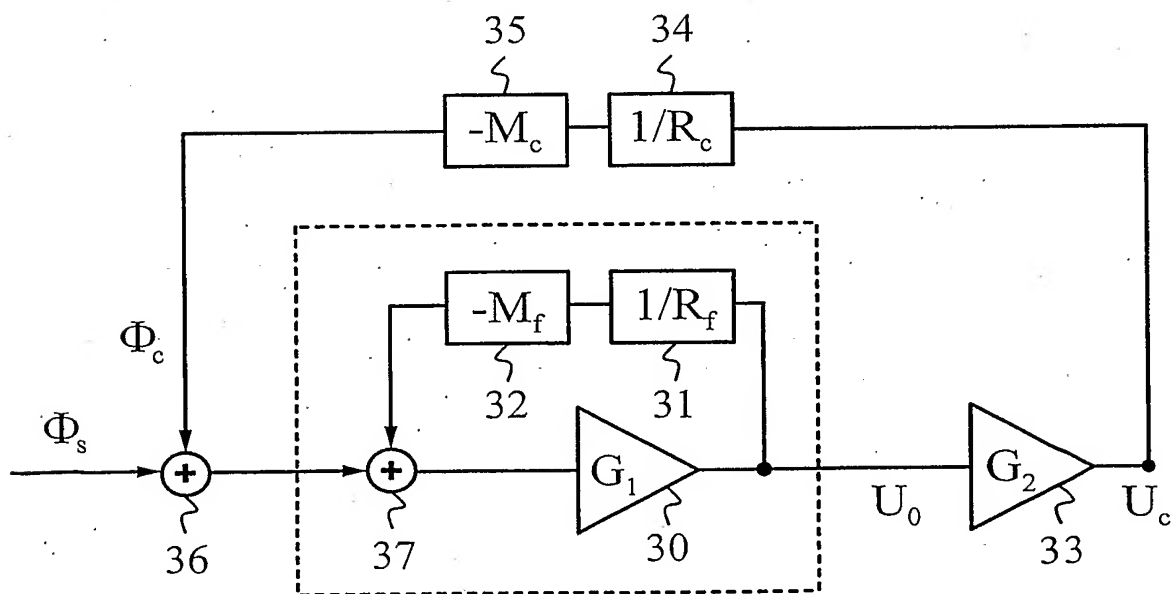


Fig. 3

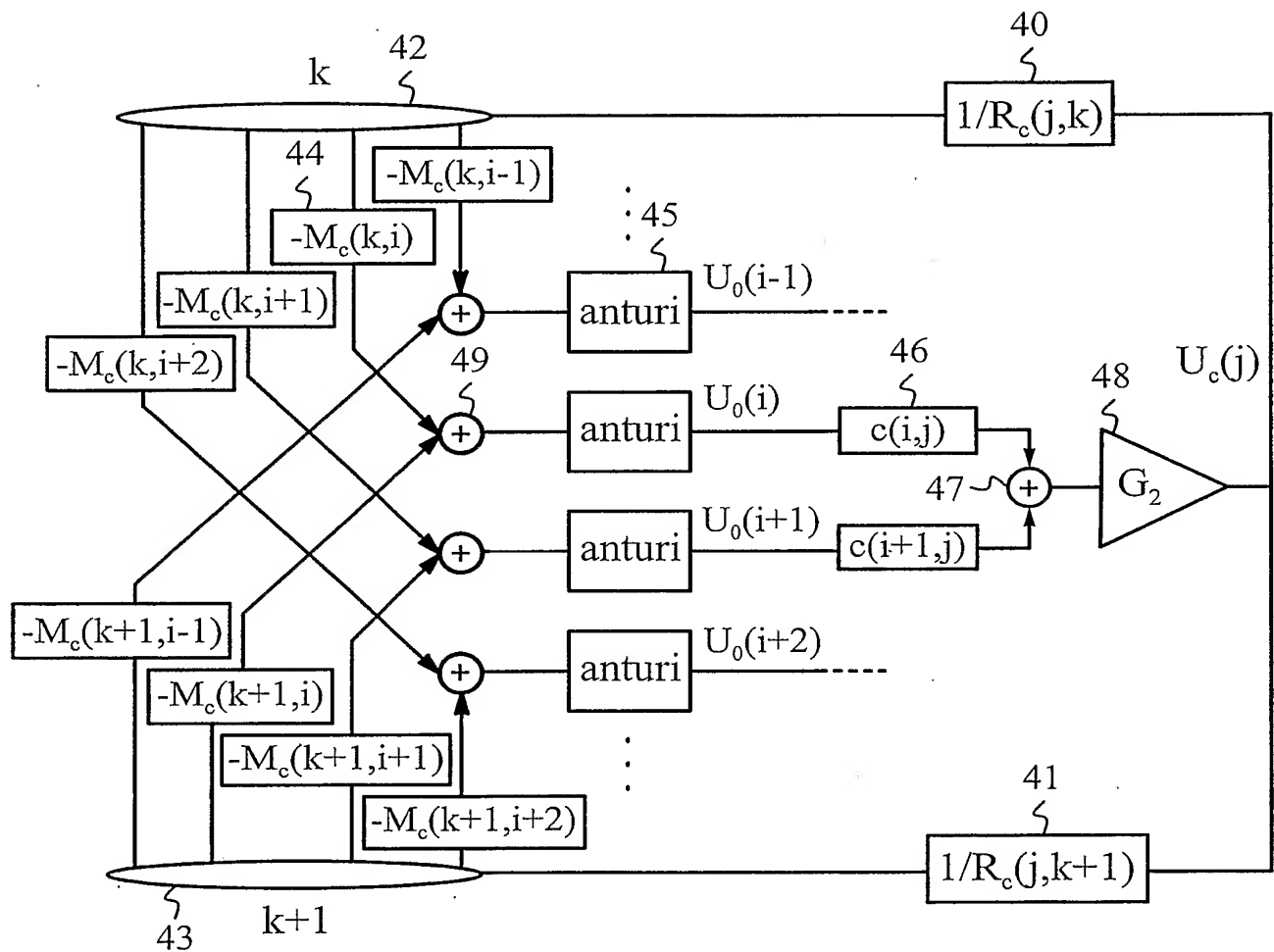


Fig. 4